

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



ENERGY
AND ENVIRONMENTAL
TECHNOLOGY CENTRE

ENERGY
RESEARCH
CENTRE



Reálné parametry malých spalovacích zařízení

Konference: Čistější ovzdušie v našich
mestách a obciach – ako na to?

29.3.2023 – Nízke Tatry

Jiří Horák, František Hopan, Martin Chmelař, Jiří Kremer



Ministerstvo životního prostředí

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

CENTRUM ENERGETICKÝCH
A ENVIRONMENTÁLNÍCH
TECHNOLOGIÍ

VÝZKUMNÉ
ENERGETICKÉ
CENTRUM

Projekt LIFE IP - Zlepšení kvality ovzduší (LIFE18 IPE/SK/000010) podpořila Evropská unie v rámci programu LIFE.

Projekt je také spolufinancován Ministerstvem životního prostředí ČR. www.populair.sk

**Vysoká škola báňská –
Technická univerzita
Ostrava (VŠB-TUO)**

**Centrum energetických
a enviromentálních
technologií (CEET)**

**Výzkumné energetické
centrum (VEC)**



VEC není VEČko



SMOKEMAN = Jiří Horák = George Bruciatore = head of the Testing Laboratory





Accredited and authorized testing laboratory

- Notified body 2078
- Stoves and insets (EN 13229, EN 13240), cookers (EN 12815)
- Hot – water boilers (EN 303-5)



Cíl

- Abyste na konci věděli
 - co je VECko
 - kdo je SMOKEMAN a kde bydlí
 - že jsou nová videa a kde je najdete
 - jaké jsou reálné parametry kotlů
 - že 30 minut na přednášku je málo



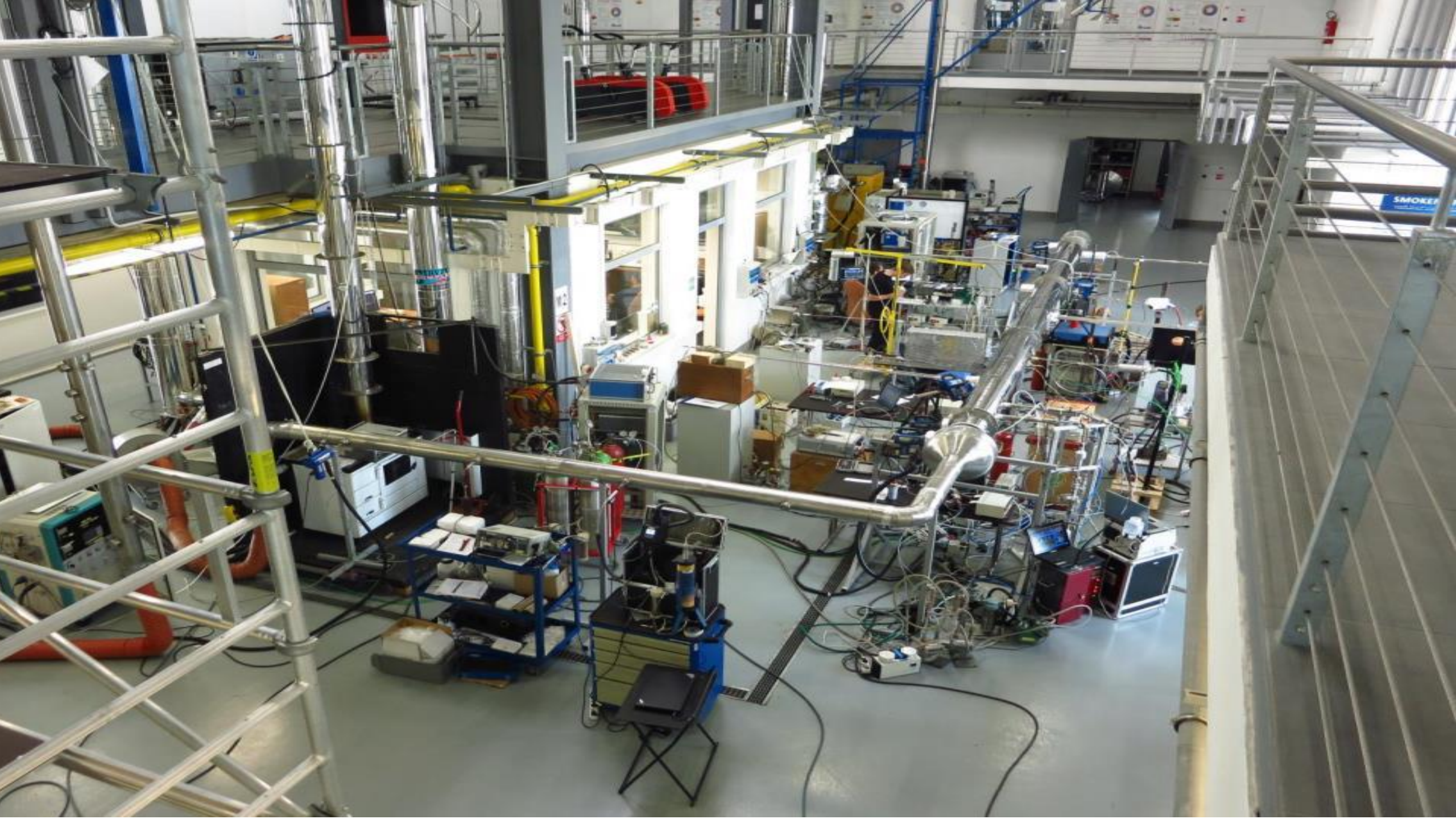
Zrození SMOKEMANa

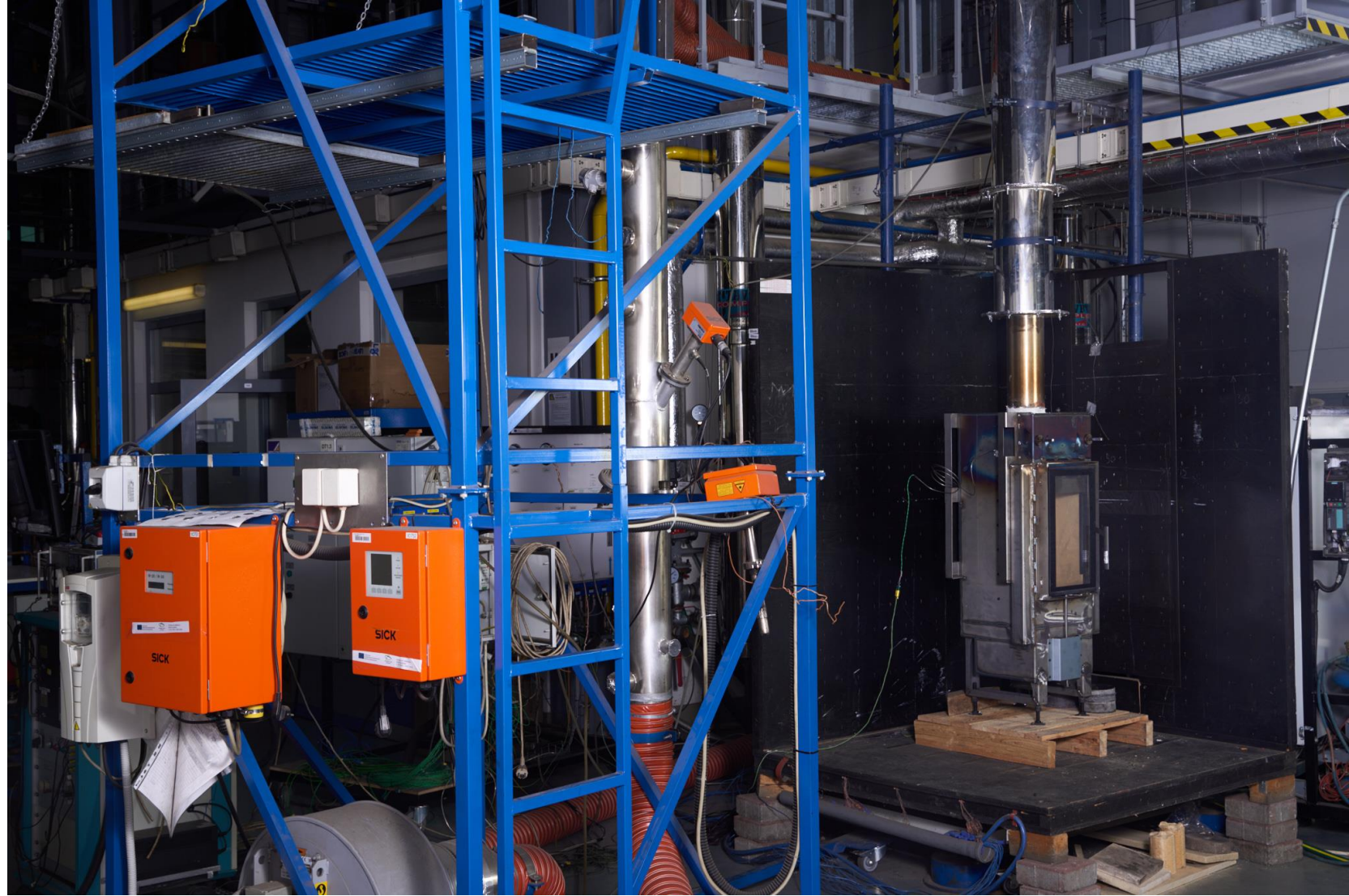
Co je nutno říci úvodem?

- Nejsme proti spalování pevných paliv pro potřeby vytápění
- SMOKEMAN doma vytápí plynovým kondenzačním kotlem a krbovými kamny s výměníkem

Měření na zkušebně









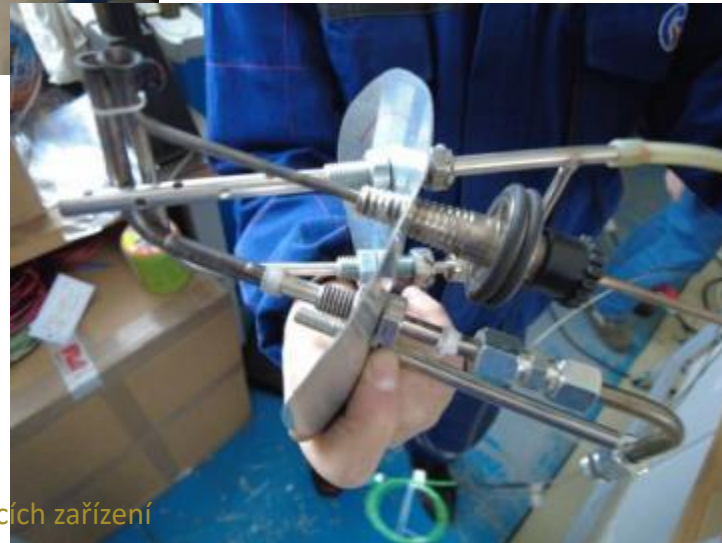
Měření v reálu



Měření v reálu









Prohořivací kotel



- nejstarší a nejjednodušší
- patří do minulého století
- vysoké emise škodlivin, nízká účinnost



Odhořívací kotel



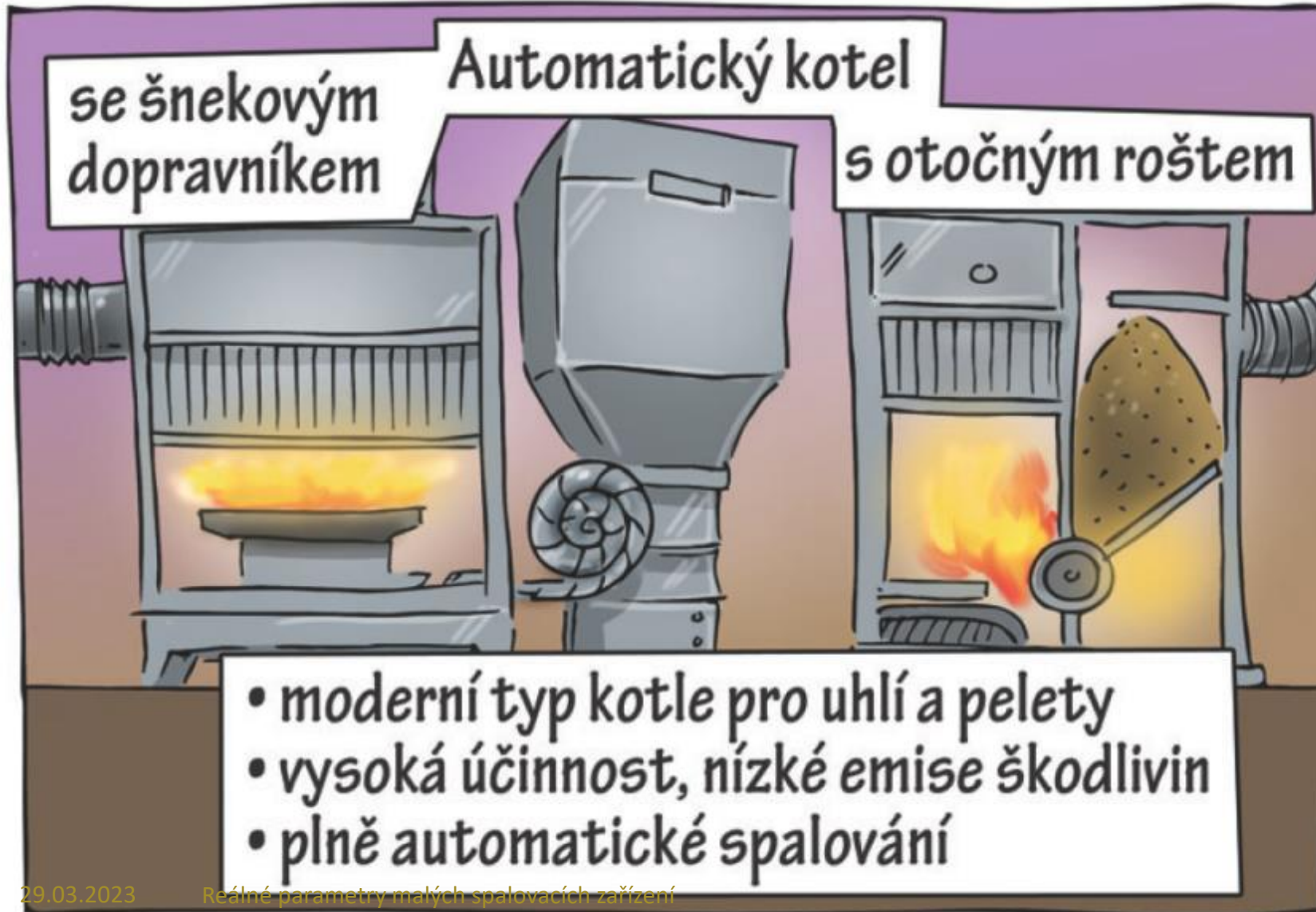
Odhořívací kotle představují vývojovou mezistupeň, z pohledu kvality spalování dosahují lepších výsledků než prohořívací kotle.



Zplyňovací kotel

- moderní typ kotle především pro kusové dřevo
- vysoká účinnost, nízké emise škodlivin
- řízený přísun vzduchu ventilátorem







CHIMNEY →

FLUE VENT
CONNECTOR

DAMAGE!

EXCHANGER
(THE HEAT TRANSFER AREA)

BOILER

**FOULING WITH
FLY ASH**

SOOT

TAR

**FUELLING
SPACE**

**BURNER
ASH PAN**

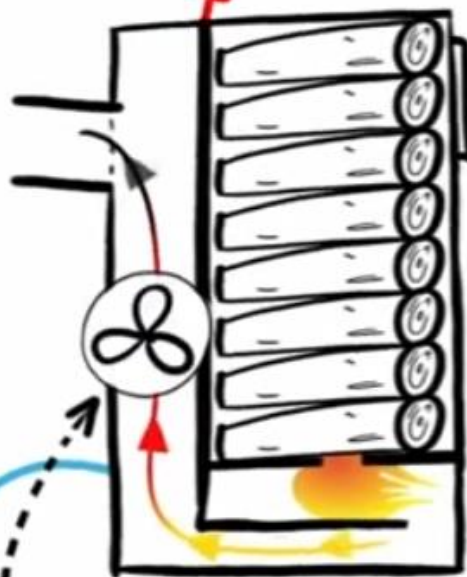


THERMAL STORAGE TANK



GASIFICATION

**WORKS OPTIMALLY AT
RATED POWER**



DRY WOOD

LOWER COMBUSTION QUALITY

COMBUSTION FAN

POWER

FAN SPEED



125%



100%

100

75%

50%

0

25%

OFF



NOR

HIGH

CHIMNEY
HEAT LOSS

= OPTIMAL

✓ CONSUMPTION

✓ POWER

CORRECT

TEMPERATURE
OF FLUE GAS



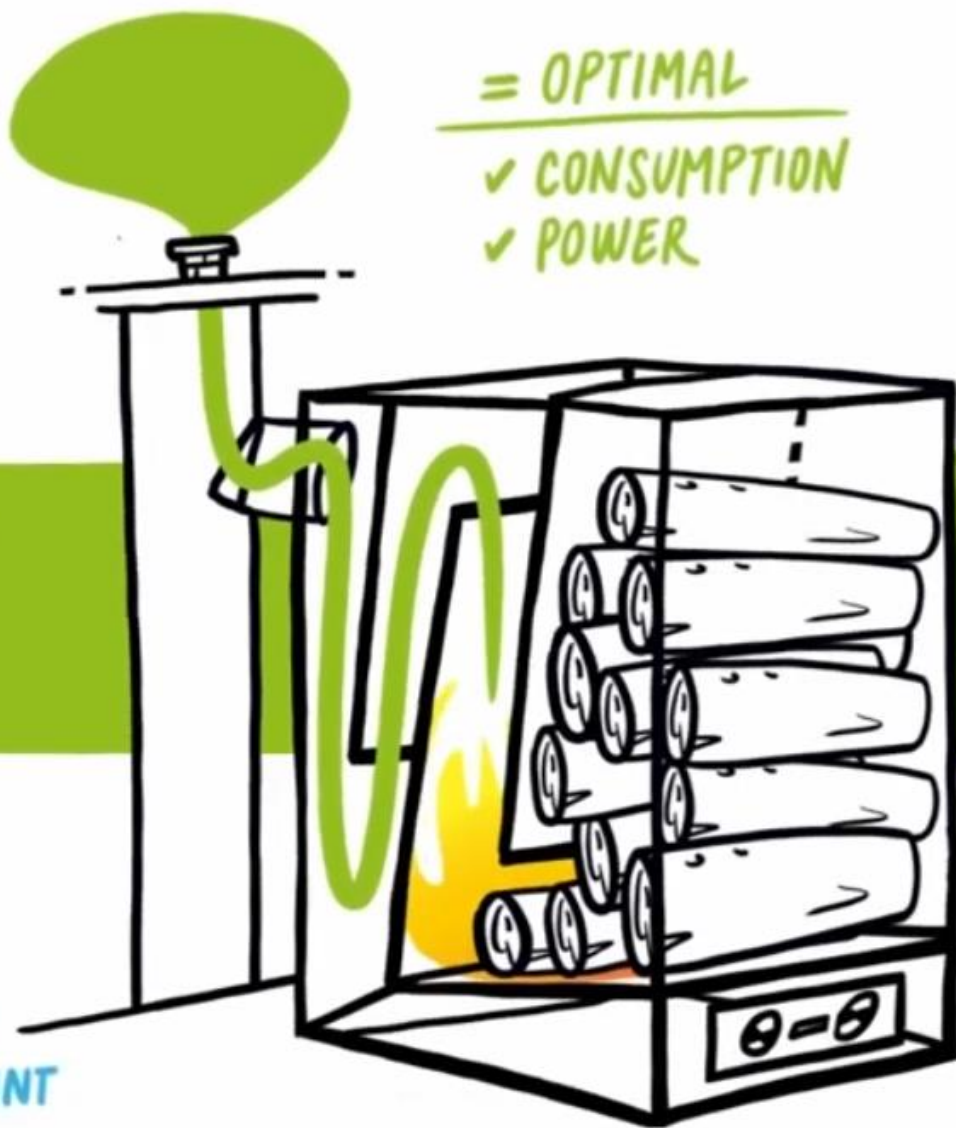
NOR

LOW

DECREASE
IN LIFETIME
AND SAFETY

BELOW
DEW POINT

INCORRECT CHIMNEY FUNCTIONALITY



Měřené parametry

Kontinuálně měřené parametry

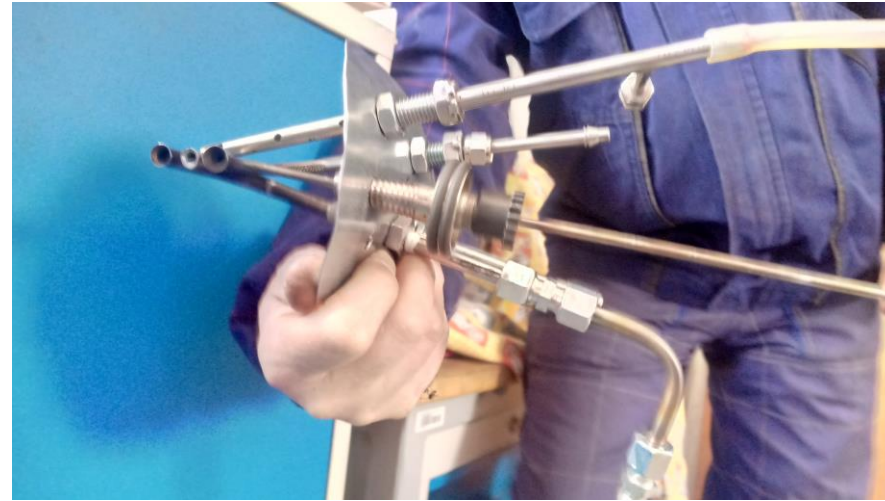
- výkon (vstupní/ výstupní teplota otopné vody a průtok vody v kotli) v kW
- teplota spalin °C (termočlánek typu K)
- tah komínu Pa (elektronický diferenční tlakoměr do 100 Pa; šikmá U trubice)
- obsah O₂ v % (paramagneticky, elektrochemicky)
- obsah CO v ppm (NDIR, elektrochemicky)
- obsah OGC v ppm (FID neselektivní OGC, NDIR propan - selektivní)

Manuální měření

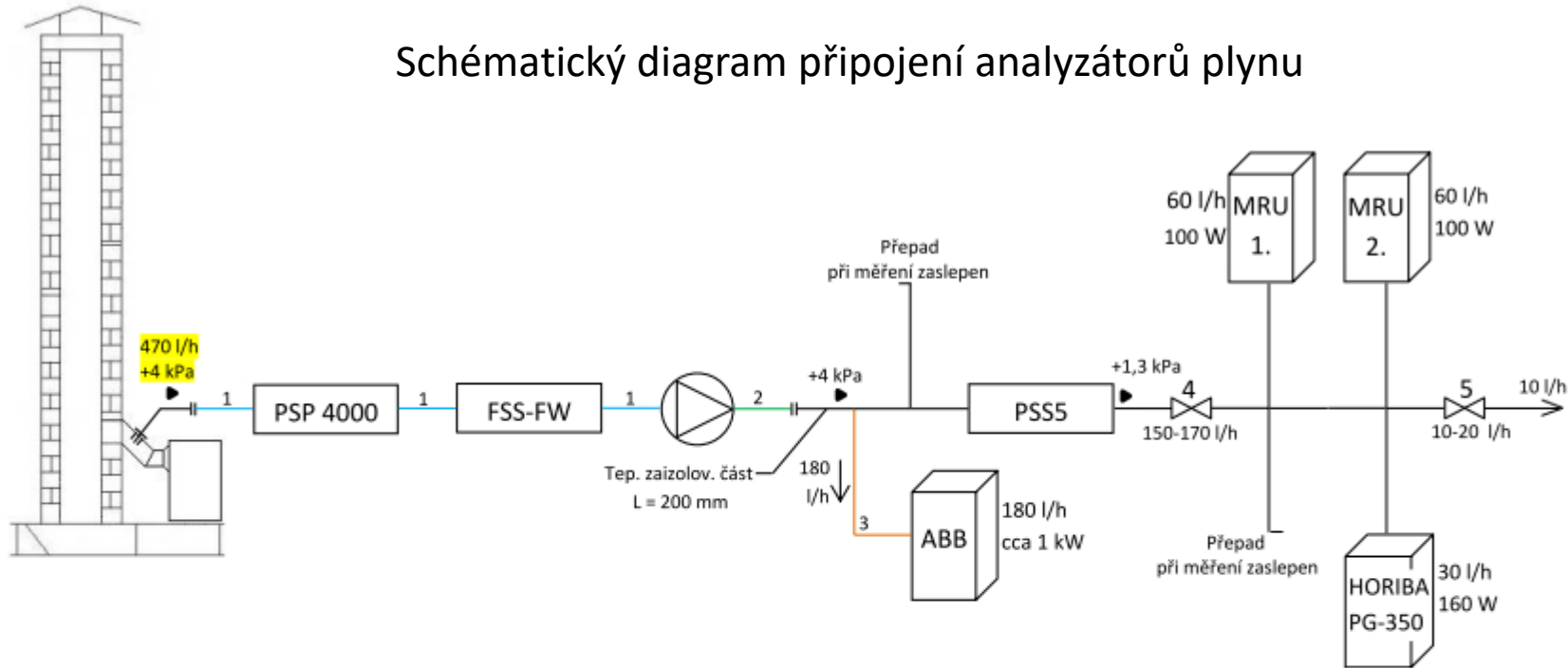
- Prach
 - gravimetrická metoda; 15 min.; cca 140 dm³ suchého plynu při normálních stavových podmínkách (0°C; 101,325 kPa)
 - gravimetrická metoda; Wöhler SM500
 - optická metoda; AFRISO
 - optická metoda; Bacharachova sada

Další sledované parametry

- spotřeba paliva (množství přiloženého paliva během testu)
- složení paliva (C,H,N S, voda, popel) a výhřevnost (laboratorně analyzovaný vzorek paliva)



Schématický diagram připojení analyzátorů plynu



	C ₃ H ₈ – FID (60 l/h) CO, SO ₂ , CH ₄ , NO, O ₂ (60 l/h) NO _x - chemiluminis. (60 l/h)		O ₂ senzor elektrochemický O ₂ , CO ₂ , CO, NO, SO ₂ , C ₃ H ₈ (suché)
	NO, SO ₂ , CO, CO ₂ , O ₂ CO, CO ₂ - laser		O ₂ senzor paramagnetický O ₂ , CO ₂ , CO, NO, SO ₂ , C ₃ H ₈ (suché)
	kryt se sondami		topené čerpadlo (450 W)
	topená sonda (250 W)		chladnička s čerpadlem (230 W)
	topený filtr s vatovou filtrací (800 W)		průtokoměry s regulací
			<u>1</u> topená hadice L = 1 m (100 W)
			<u>2</u> topená hadice L = 10 m (1 kW), možno až 3 x 10 m (3x1 kW)
			<u>3</u> topená hadice L = 3 m (300 W)

Filtr + čerpadlo



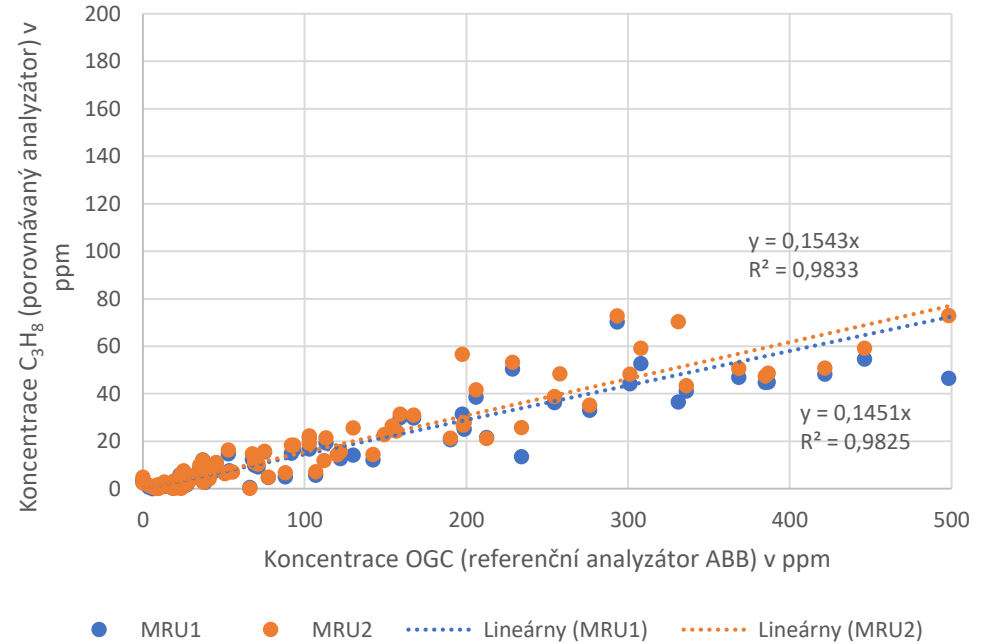
Analyzátorová sestava ABB
(O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂, OGC, CH₄)



Horiba PG350
(O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂)



MRU Variolux
(O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂, C₃H₈)



OGC – plamenoionizační detektor (FID)
– neselektivní – kalibrováný propanem

C₃H₈ – nedisperzní infračervený detektor (NDIR) - selektivní

TESTO 350
(O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂)



Měření prachu



Měření prachu Wöhler SM96

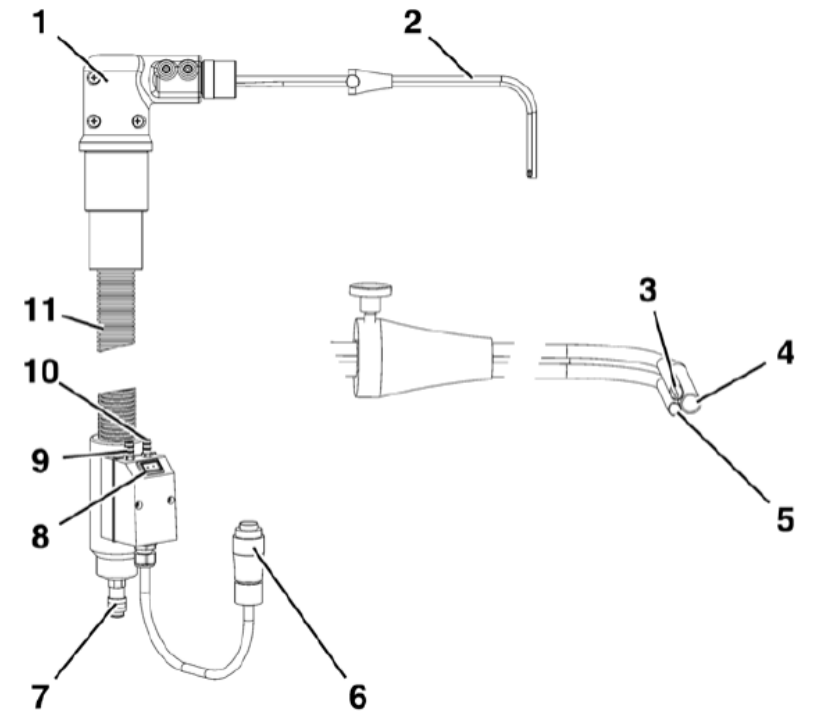
Diskontinuální gravimetrické stanovení
(15 min., 140 NL, filtrační patrona)



Měření prachu
Kontinuální optické stanovení prachu + O₂, CO

AFRISO STM 225

Vlastnosti STM 225



Měření prachu

Kontinuální pseudogravimetrické stanovení prachu + O₂, CO

Wöhler SM 500

Wöhler SM 500



3 Struktura a funkce

3.1 Části přístroje

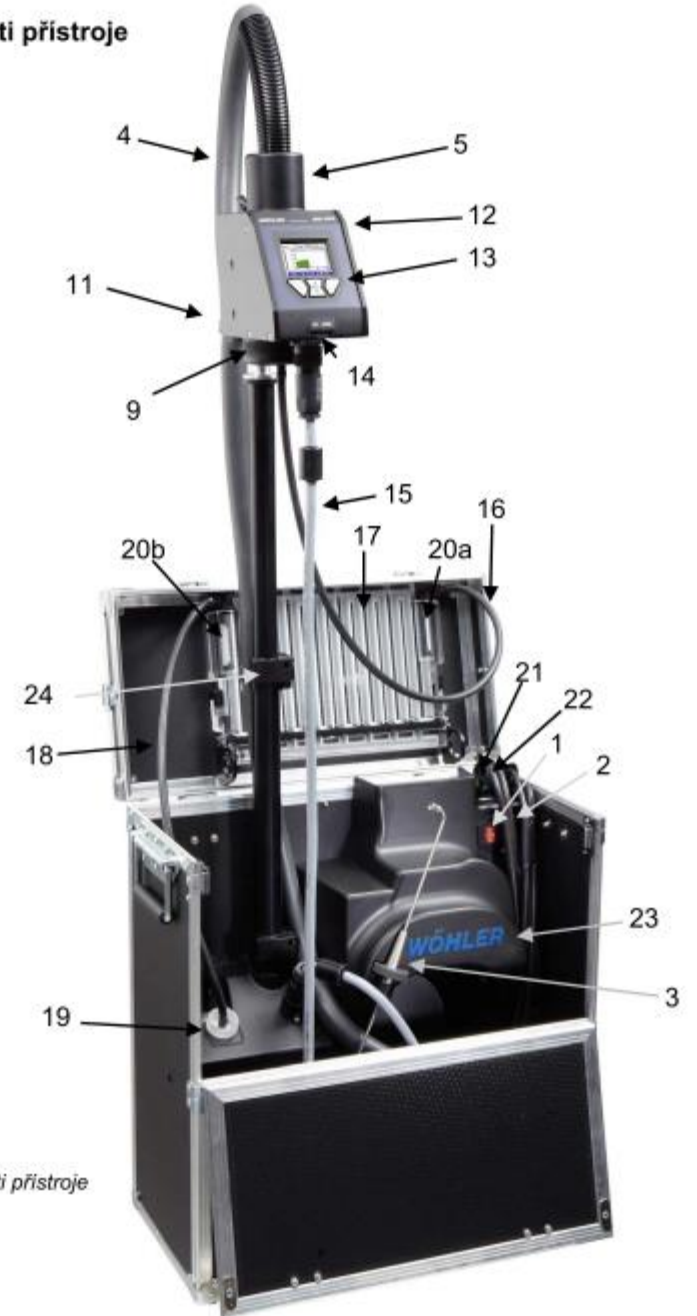


Abb. 1: Části přístroje

Wöhler SM 500



3.3 Schéma přístroje

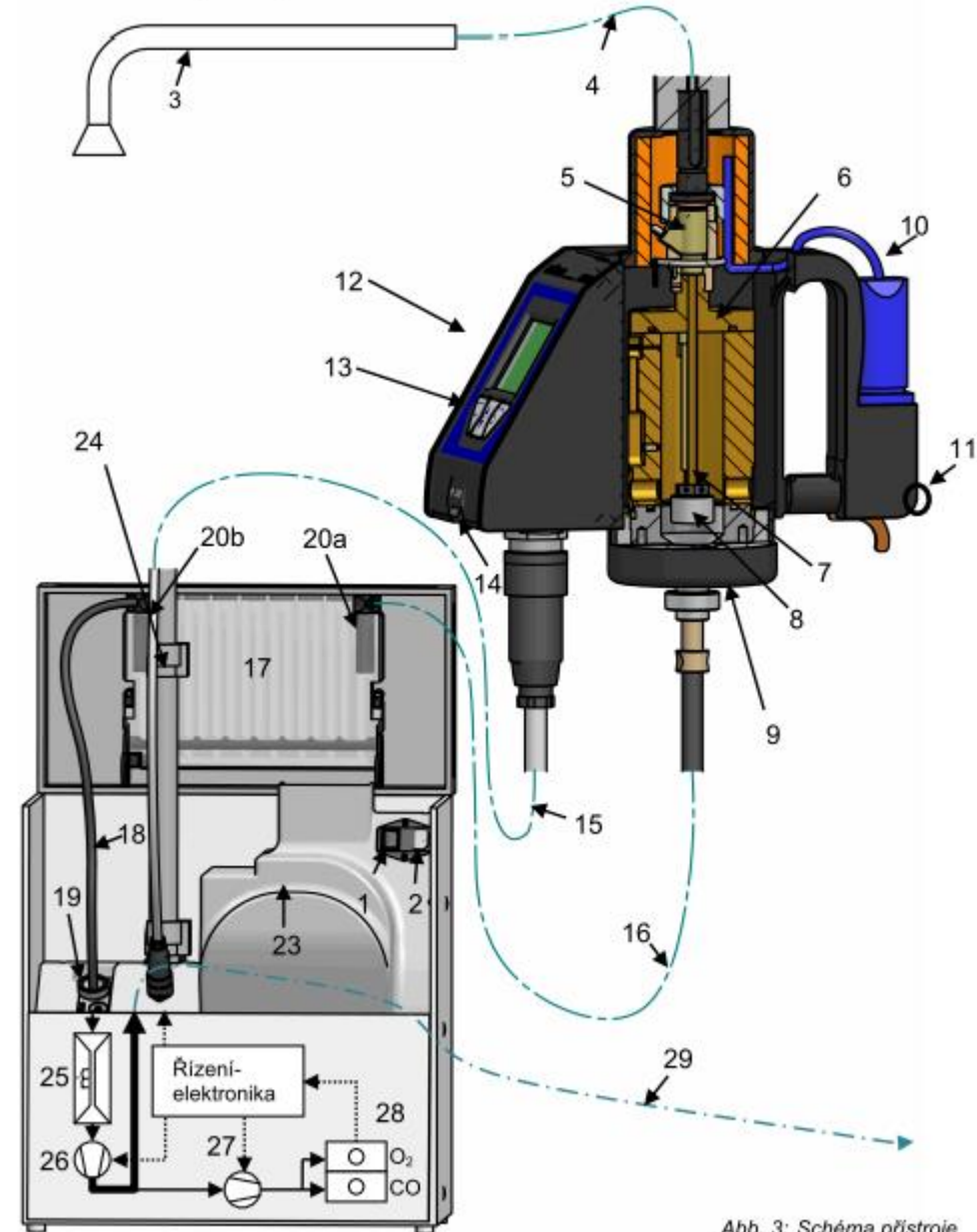
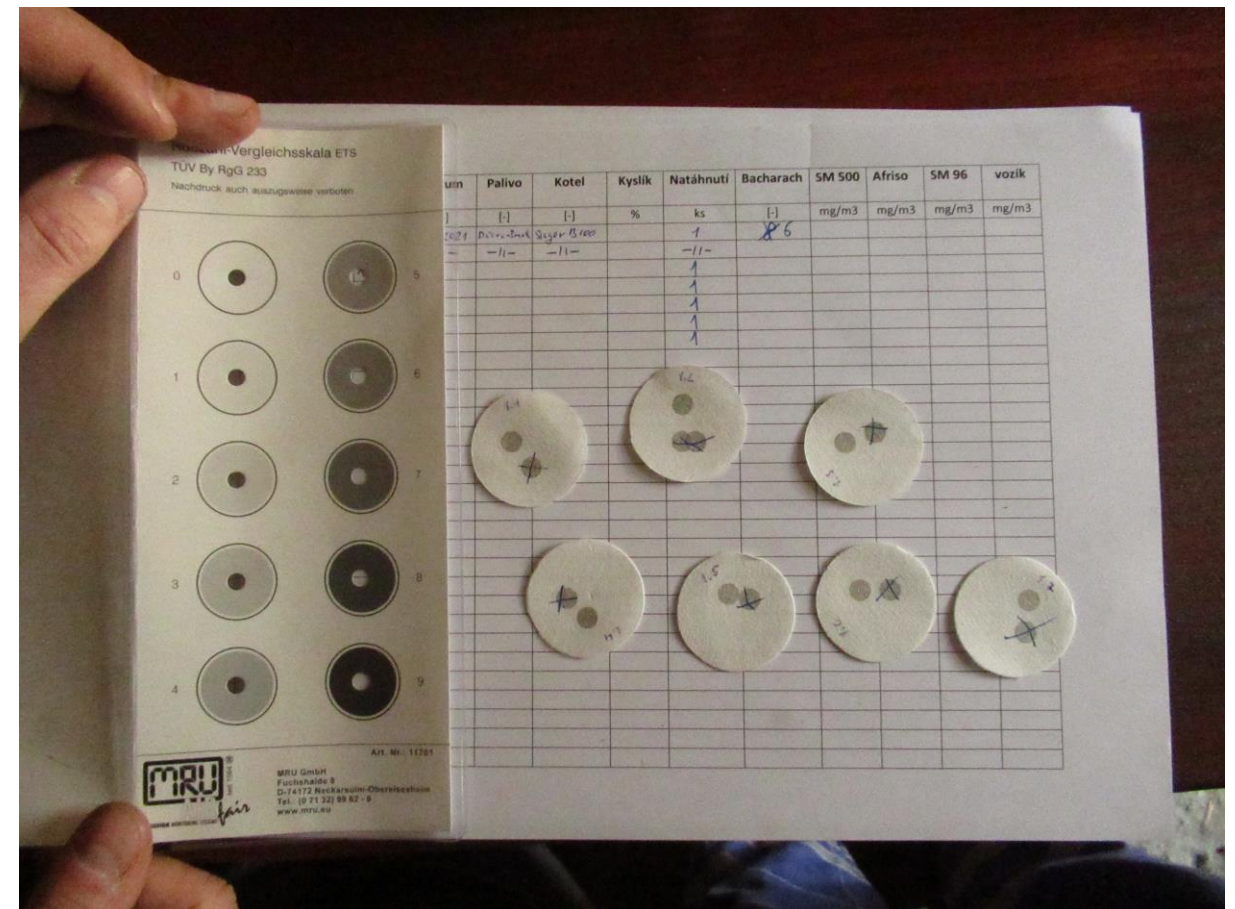


Abb. 3: Schéma přístroje

Měření prachu, optická metoda, Bacharachova sada



Měření výkonu kotle

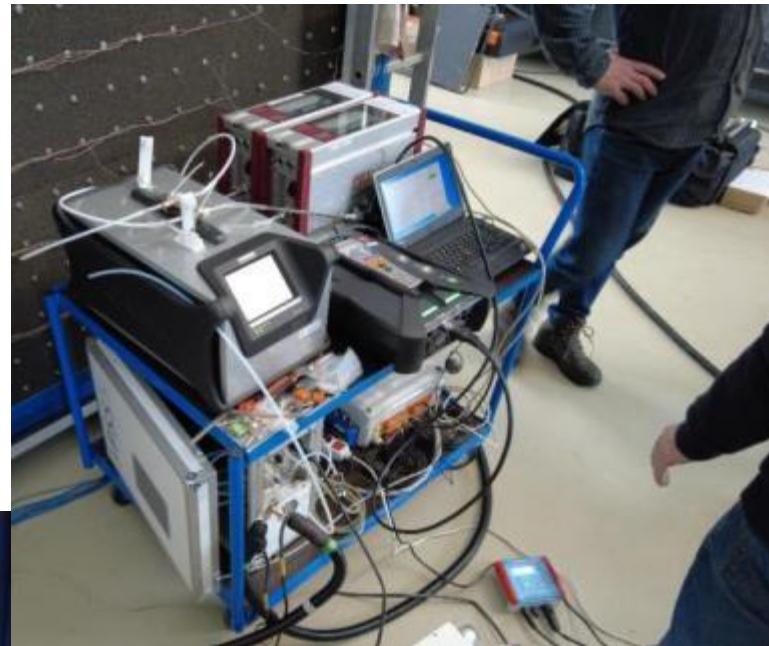
- Tvst a Tvyst příložná teplotní čidla
- průtok otopné vody kotlem
 - příložný ultrazvukový průtokoměr
 - vodoměr (nutný zásah do otopného systému)







Výsledky měření reálných kotlů v domácnostech



Limitní hodnoty parametrů dle ČSN EN 303-5

Limitní hodnoty parametrů dle ČSN EN 303-5:2013		kategorie zařízení			
parametr	třída kotle	ruční		samočinná	
		biologické	fosilní	biologické	fosilní
CO* mg/m ³	1	25 000	25 000	15 000	15 000
	2	8 000	8 000	5 000	5 000
	3	5 000	5 000	3 000	3 000
	4	1 200	1 200	1 000	1 000
	5	700	700	500	500
OGC* mg/m ³	1	2 000	2 000	1 750	1 750
	2	300	300	200	200
	3	150	150	100	100
	4	50	50	30	30
	5	30	30	20	20
prach* mg/m ³	1	200	180	200	180
	2	180	150	180	150
	3	150	125	150	125
	4	75	75	60	60
	5	60	60	40	40

* suché spaliny; 0°C; 101.3 kPa; 10 % O₂



parametr	třída	jm. výkon kotle v kW			
		15	20	25	30
účinnost %	1	54.1	54.8	55.4	55.9
	2	64.1	64.8	65.4	65.9
	3	74.1	74.8	75.4	75.9
	4	82.4	82.6	82.8	83.0
	5	88.2	88.3	88.4	88.5

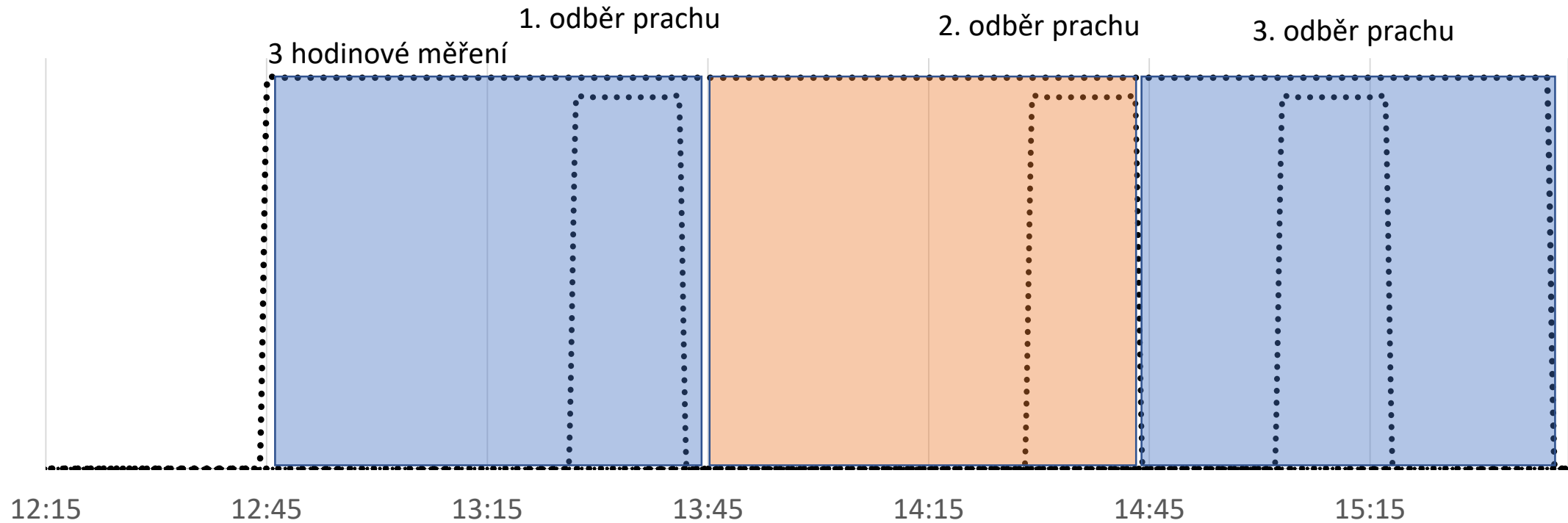
Časový průběh měření každého kotle, kotel byl obsluhován provozovatelem

- Uvedení kotle do provozu (zapálení) okolo 1/2 hodiny
- Měření (3 hodiny) (průměr kontinuálně měřených parametrů + průměr ze 3 měření prachu)
 - 1. odběr prachu (15 minut v první hodině) 15 minutový průměr kontinuálně měřených parametrů + jednorázové stanovení prachu
 - 2. odběr prachu (15 minut ve druhé hodině) 15 minutový průměr kontinuálně měřených parametrů + jednorázové stanovení prachu
 - 3. odběr prachu (15 minutes in the third hour) 15 minutový průměr kontinuálně měřených parametrů + jednorázové stanovení prachu
- Konec měření

Časový plán každého měření

- Certifikační metoda - 6 hodin měření
- Arbitrážní metoda – 3 hodiny měření
- Screeningová metoda - 15 minut měření

Zátop kotle



Příklad jednoho měření

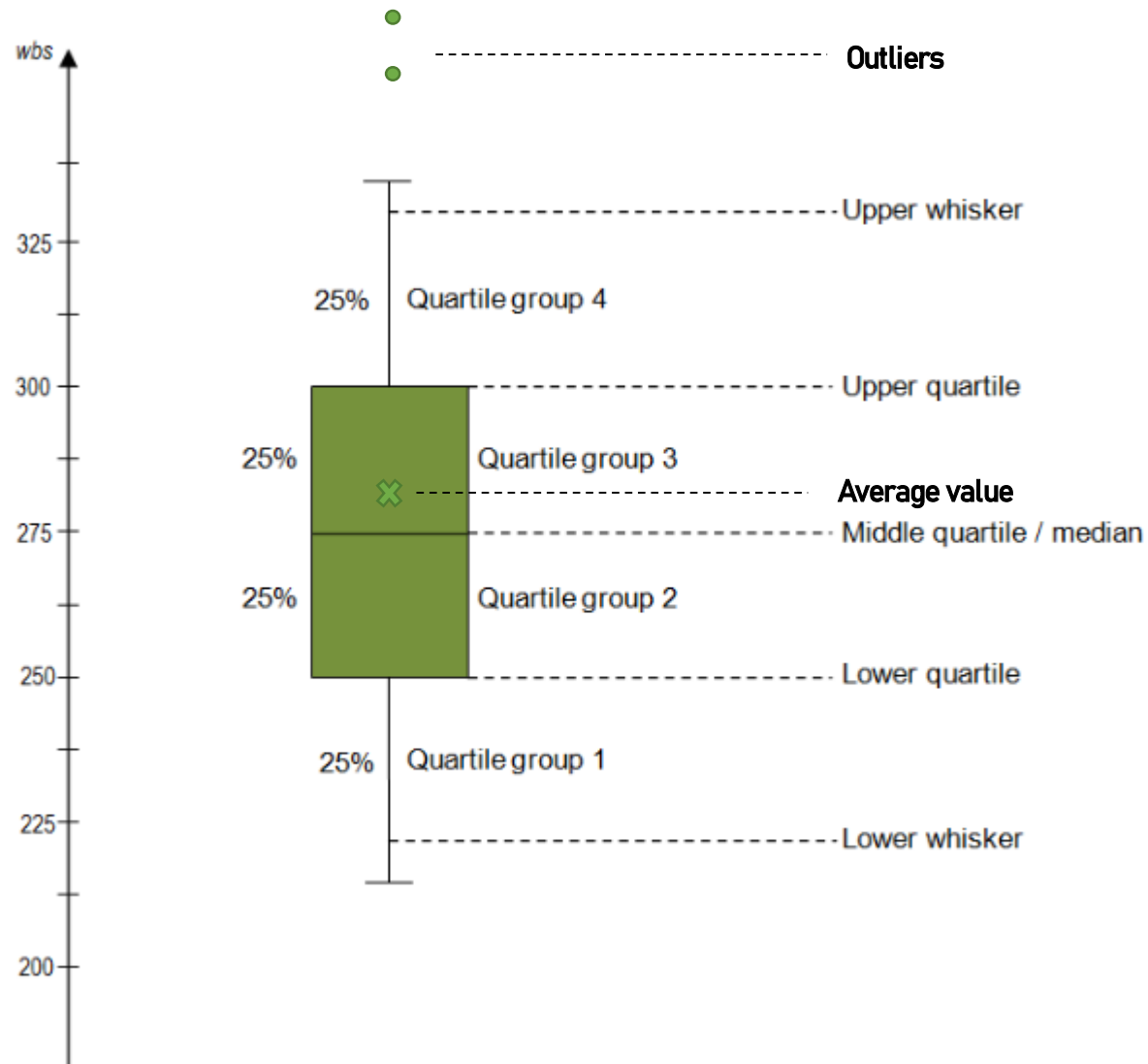
Počty měřených kotlů

Konstrukce kotle	BIO	Uhlí	sum
Prohořivací kotle	11	6	17
Odhořivací kotle	17	16	33
Zplyňovací kotle	33	1	34
Automatické kotle	12	15	27
sum	73	38	111

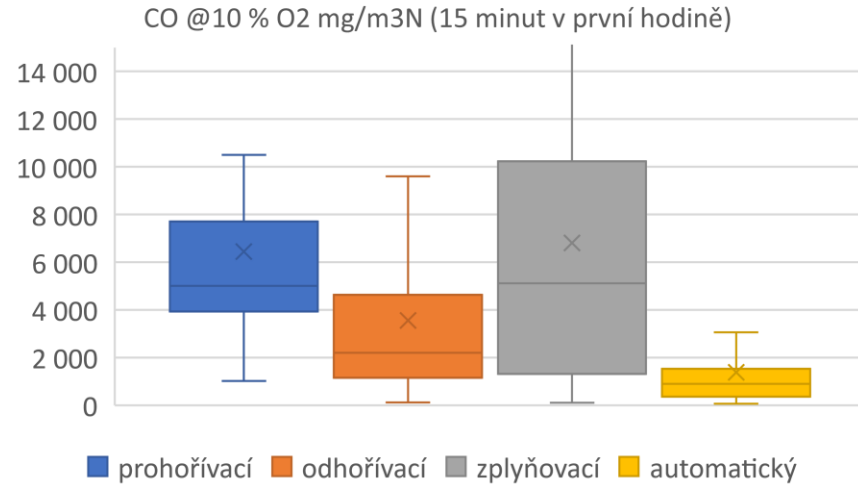
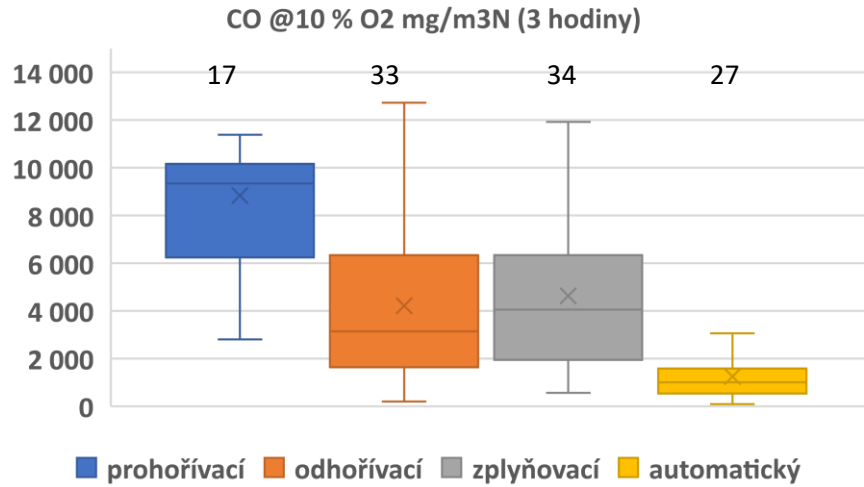
Třída kotle	bio	uhlí	Sum
bez třídy	12	4	16
1	3	4	7
2	1		1
3	9	11	20
4	5	6	11
5	43	13	56
Sum	73	38	111



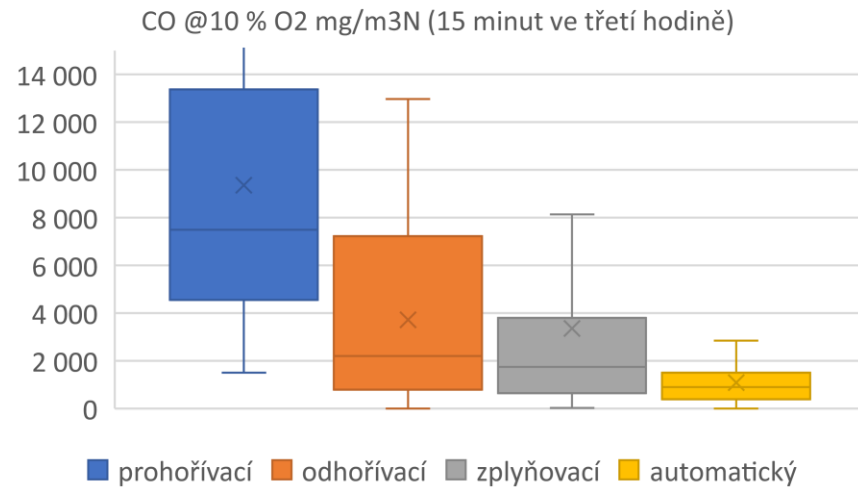
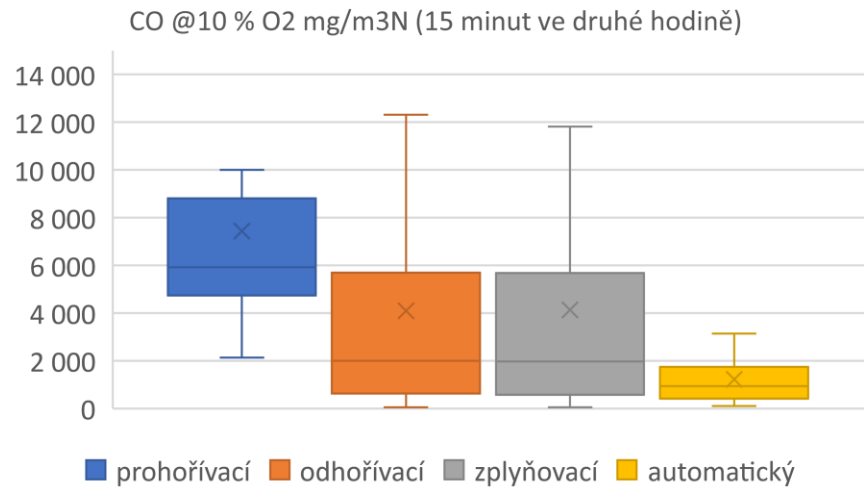
Jak číst box plot ?



		manual		automatic	
parameter	class	biological	fossil	biological	fossil
CO* mg/m ³	3	5 000	5 000	3 000	3 000

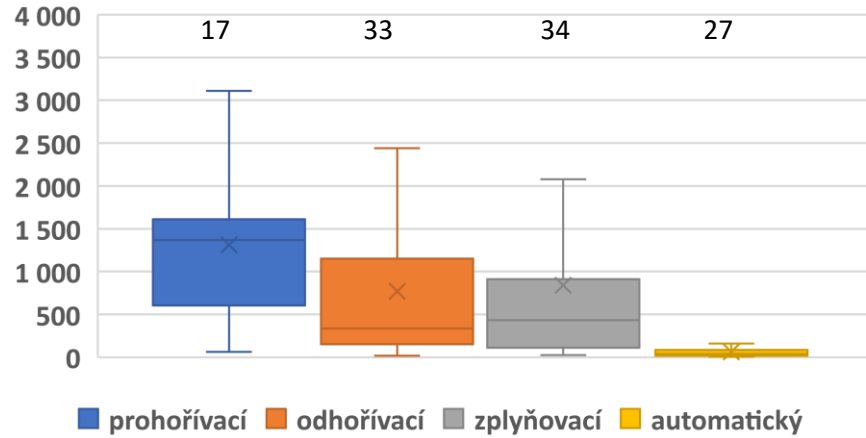


CO mg/m³
@ 0°C, 101 kPa, 10 % O₂

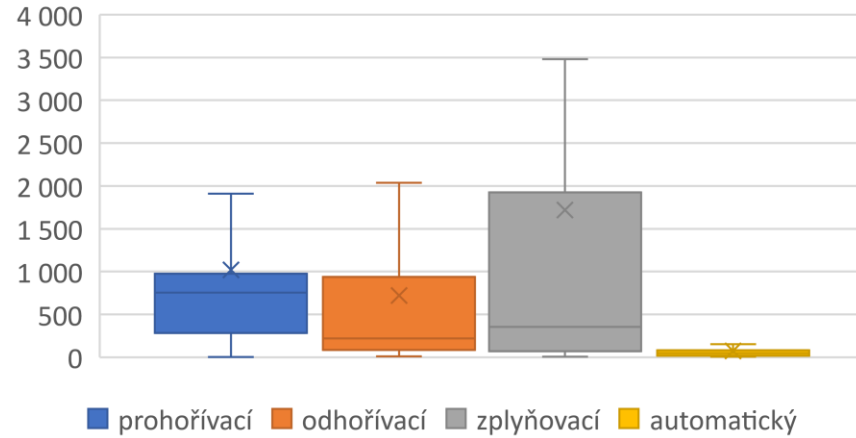


parameter	class	manual		automatic	
		biological	fossil	biological	fossil
OGC* mg/m ³	3	150	150	100	100

OGC @10 % O₂ mg/m³N (3 hodiny)

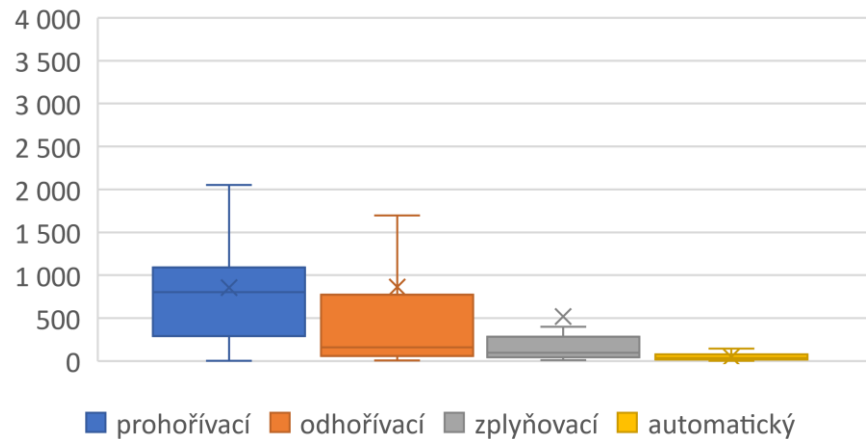


OGC @10 % O₂ mg/m³N (15 minut v první hodině)

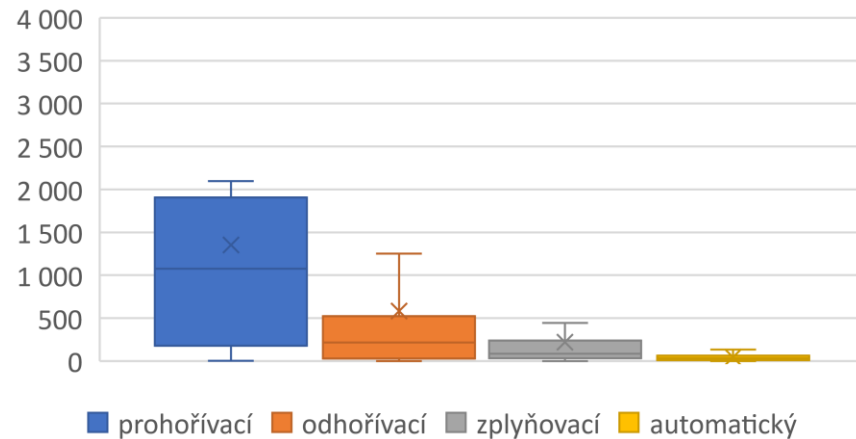


OGC mg/m³
@ 0°C, 101 kPa, 10 % O₂

OGC @10 % O₂ mg/m³N (15 minut ve druhé hodině)

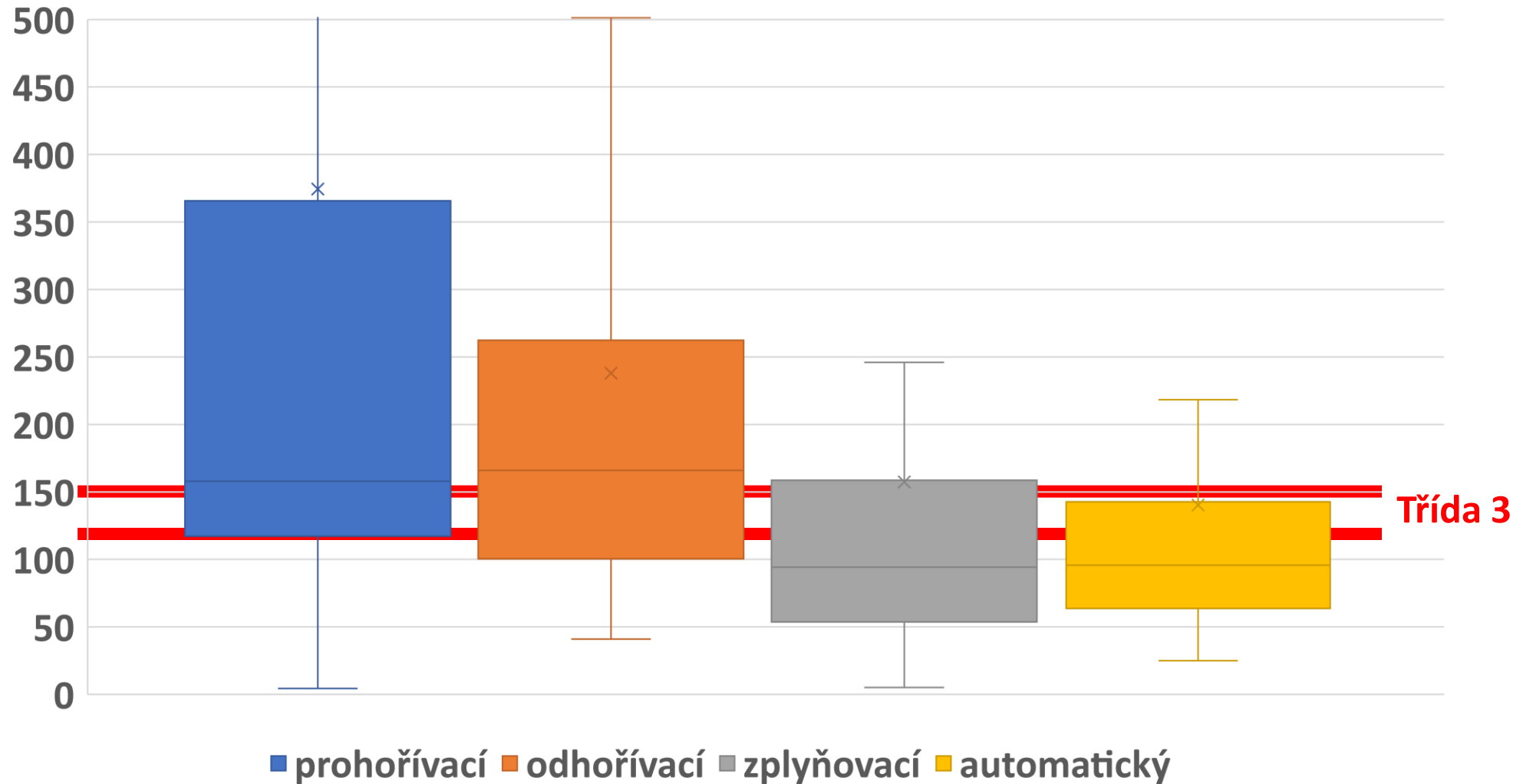


OGC @10 % O₂ mg/m³N (15 minut ve třetí hodině)

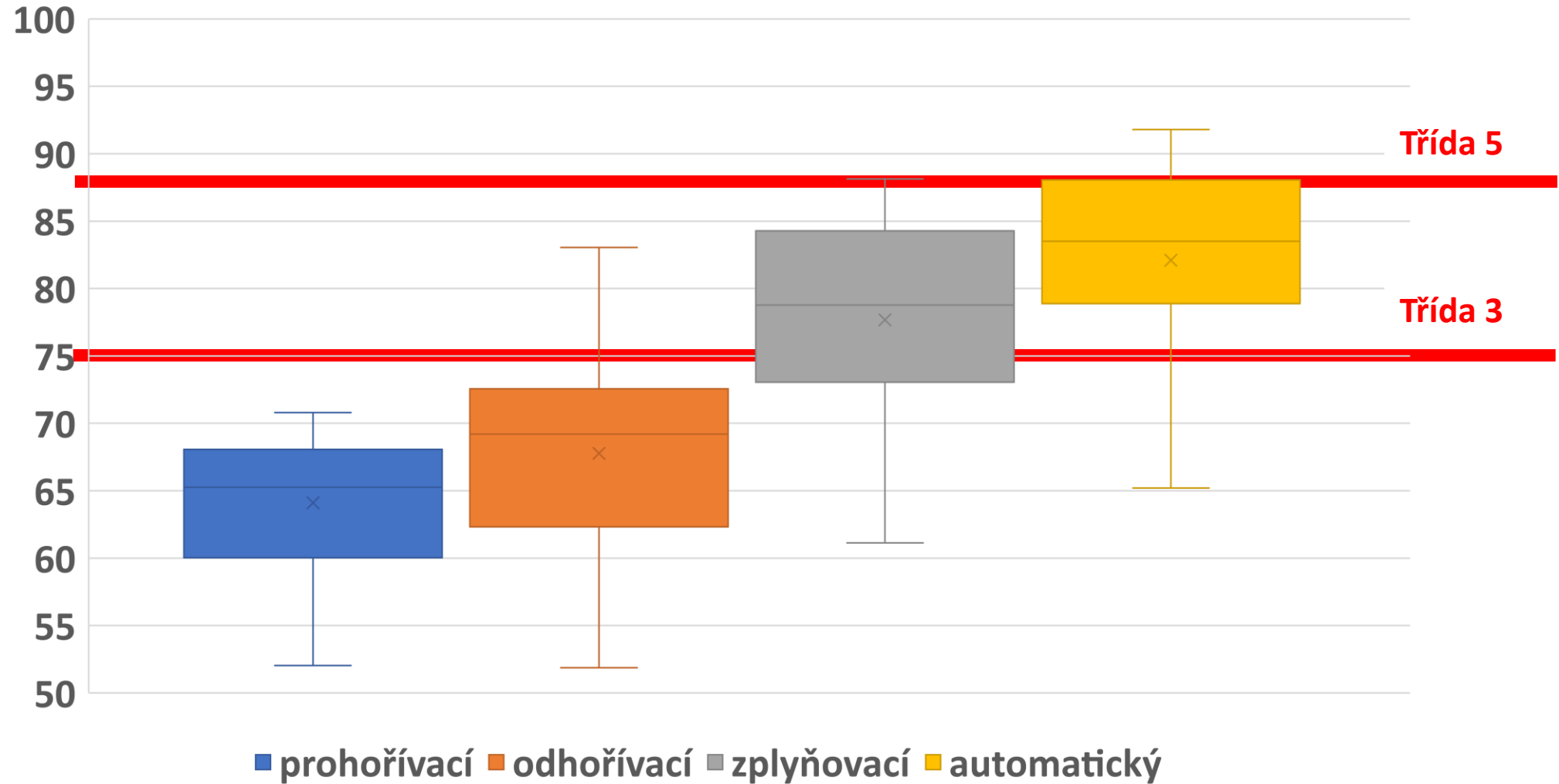


		manual		automatic	
parameter	class	biological	fossil	biological	fossil
PM* mg/m ³	3	150	125	150	125

prach @10 % O2 mg/m³N (3 hodiny)

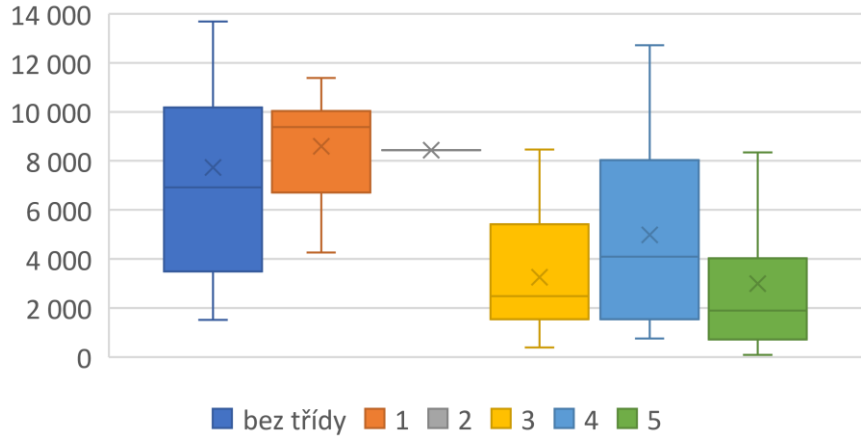


účinnost % (3 hodiny)

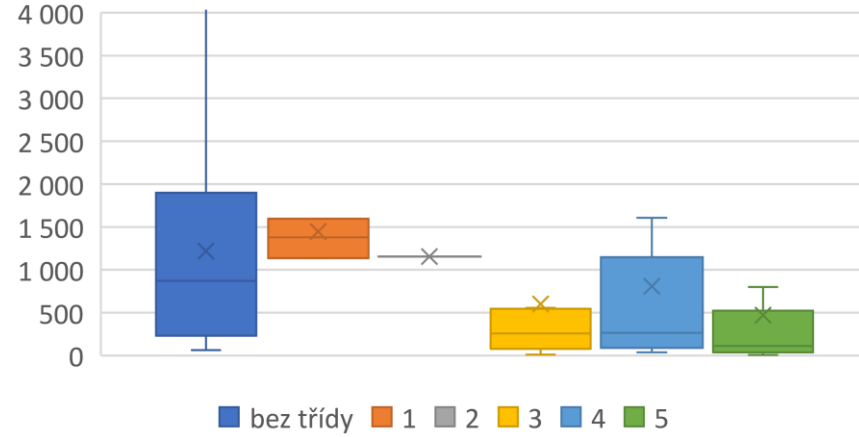


Výsledky dle třídy kotle

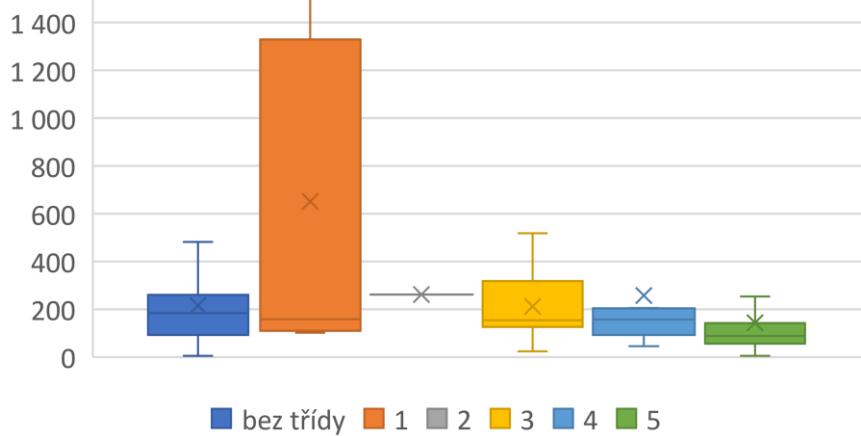
CO @10 % O2 mg/m3N



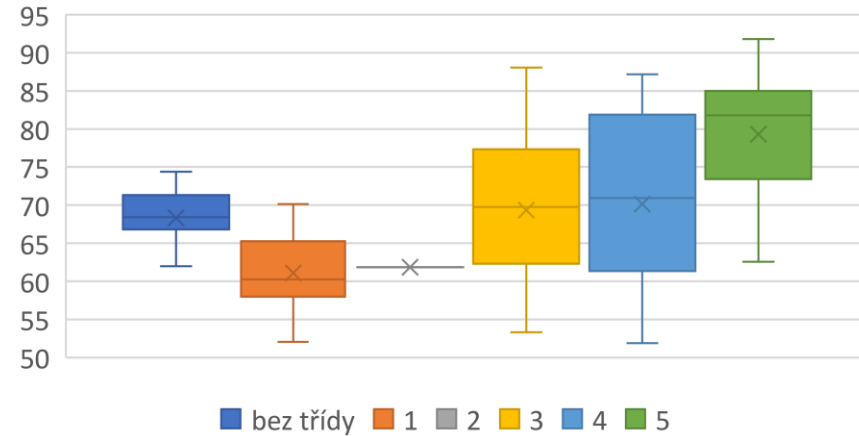
OGC @10 % O2 mg/m3N



prach @10 % O2 mg/m3N



účinnost %



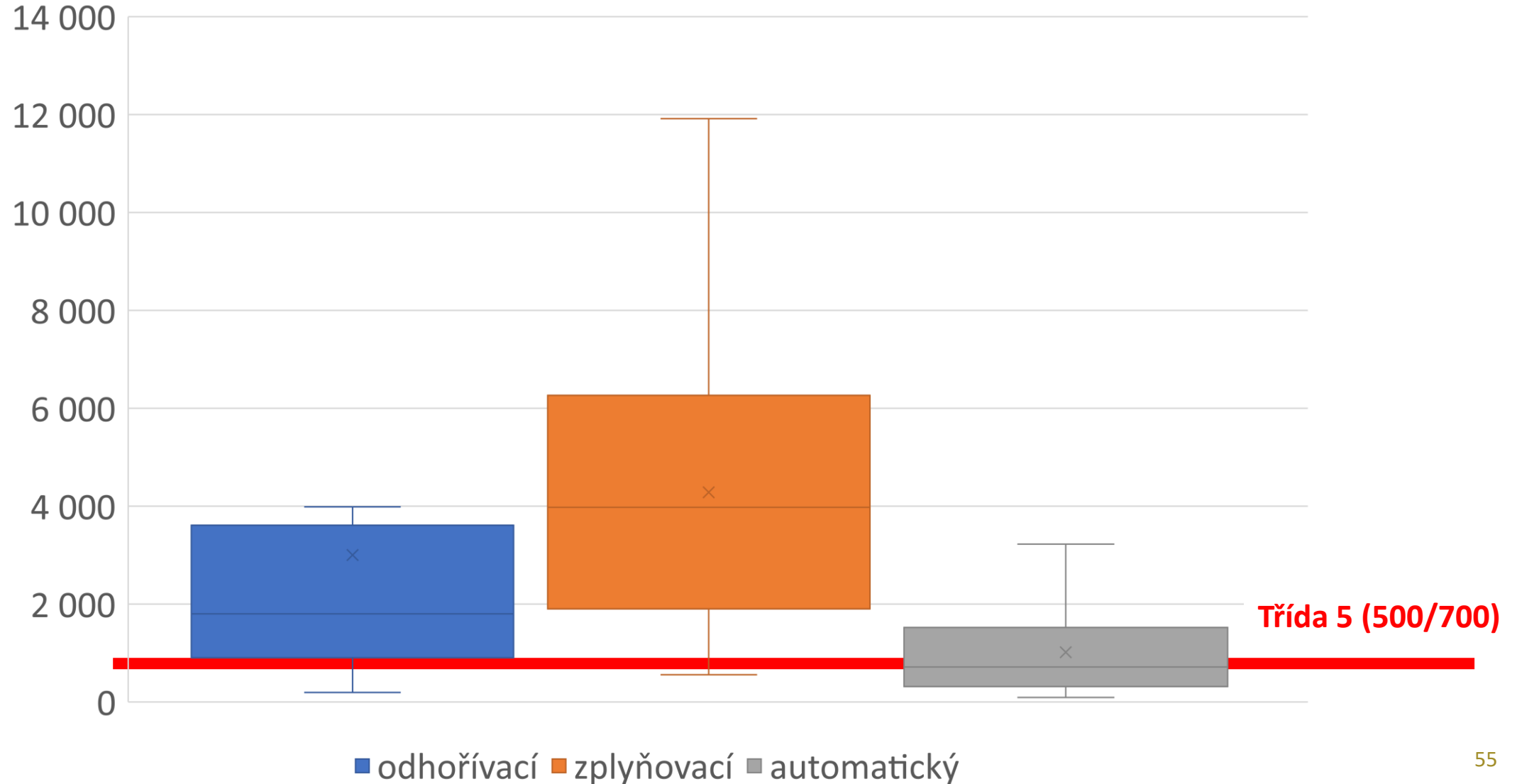
Limitní hodnoty parametrů dle ČSN EN 303-5

Limitní hodnoty parametrů dle ČSN EN 303-5:2013	třída kotle	kategorie zařízení			
		ruční		samočinná	
parametr	třída kotle	biologické	fosilní	biologické	fosilní
CO* mg/m ³	1	25 000	25 000	15 000	15 000
	2	8 000	8 000	5 000	5 000
	3	5 000	5 000	3 000	3 000
	4	1 200	1 200	1 000	1 000
	5	700	700	500	500
OGC* mg/m ³	1	2 000	2 000	1 750	1 750
	2	300	300	200	200
	3	150	150	100	100
	4	50	50	30	30
	5	30	30	20	20
prach* mg/m ³	1	200	180	200	180
	2	180	150	180	150
	3	150	125	150	125
	4	75	75	60	60
	5	60	60	40	40

* suché spaliny; 0°C; 101,3 kPa; 10 % O2

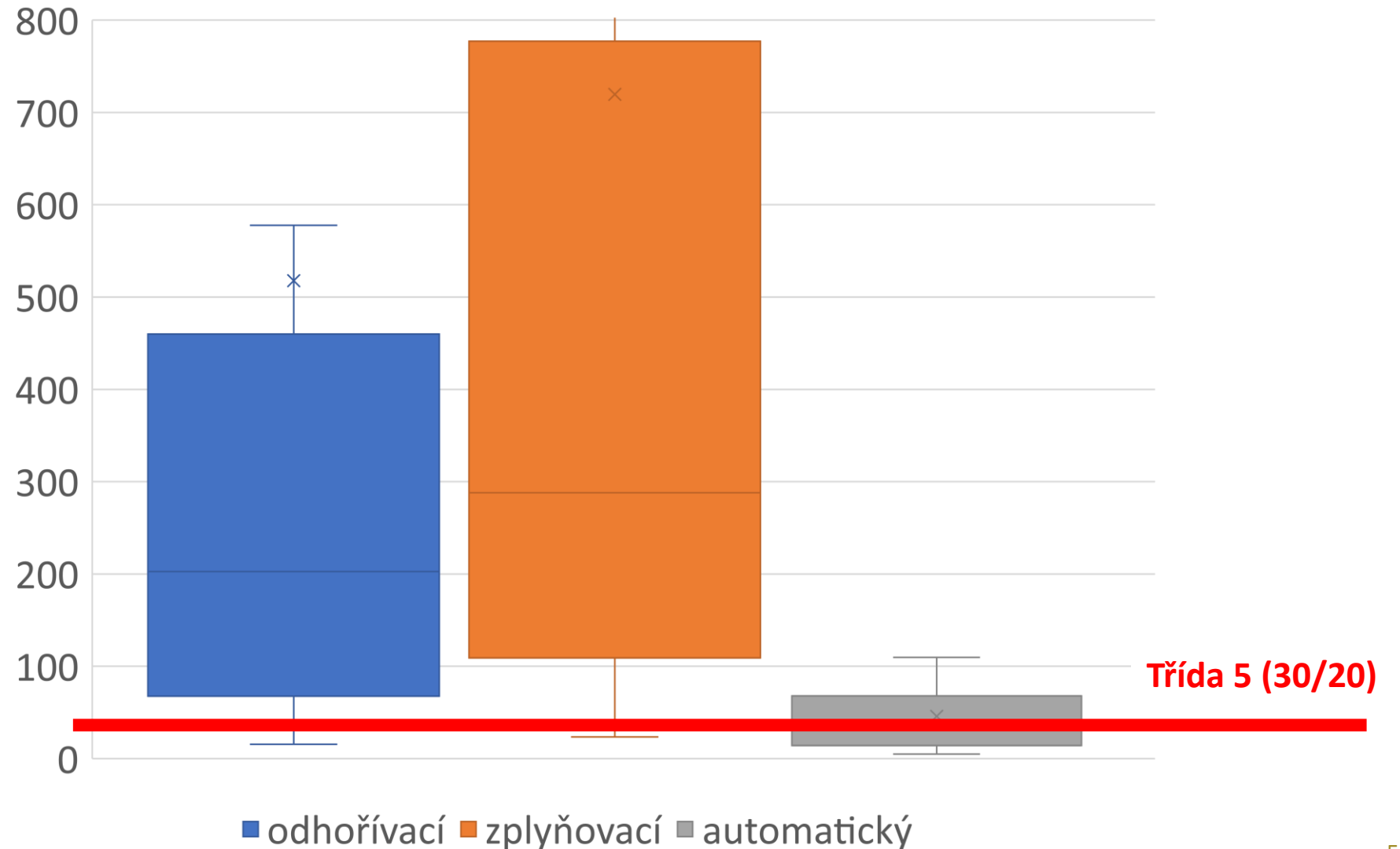
Výsledky kotlů třídy 5

kotle třídy 5 - CO @10 % O2 mg/m3N



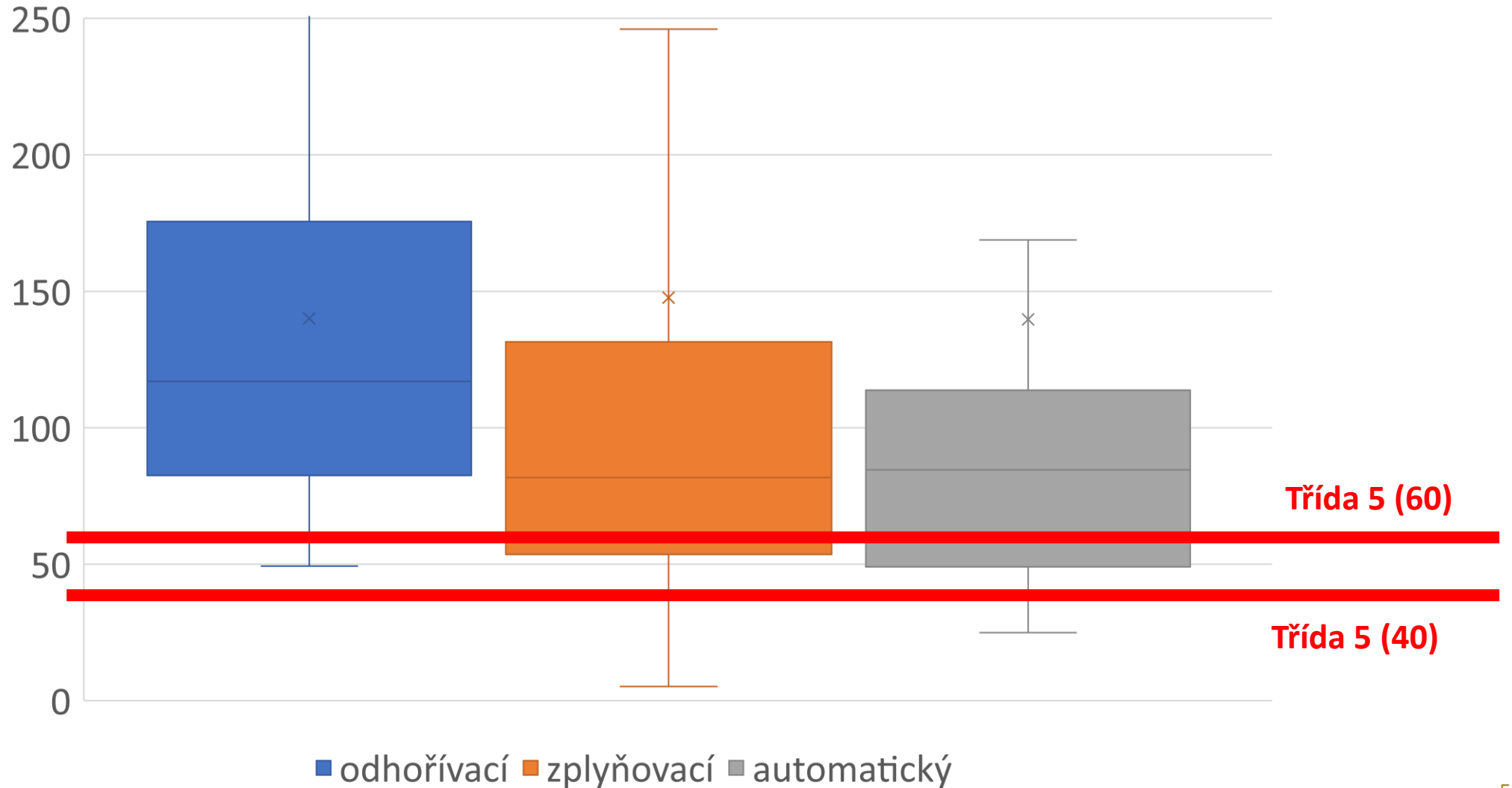
Výsledky kotlů třídy 5

kotle třídy 5 - OGC @10 % O₂ mg/m³N



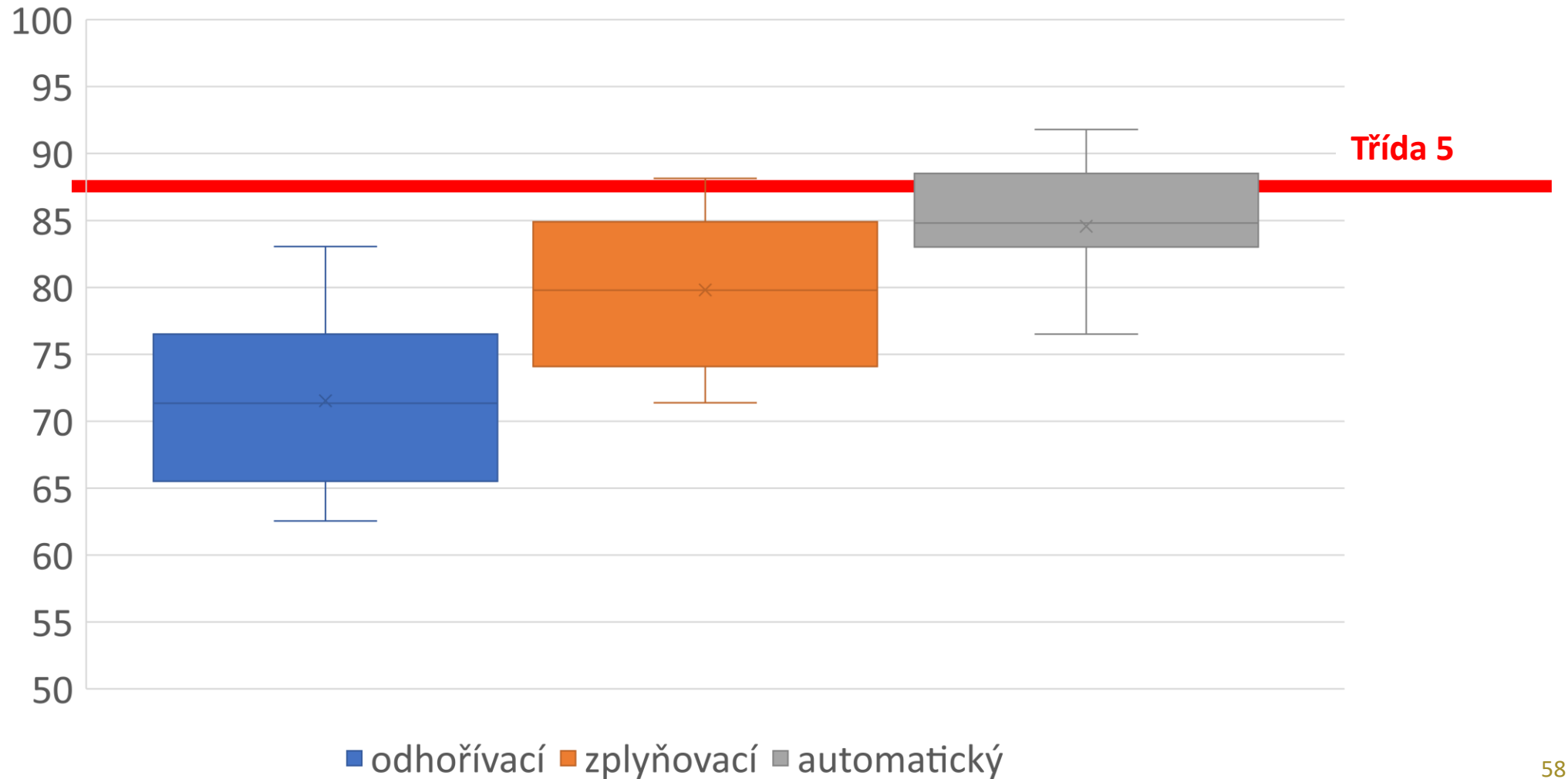
Výsledky kotlů třídy 5

kotle třídy 5 - prach @10 % O₂ mg/m³N



Výsledky kotlů třídy 5

kotle třídy 5 - účinnost %



Závěry:

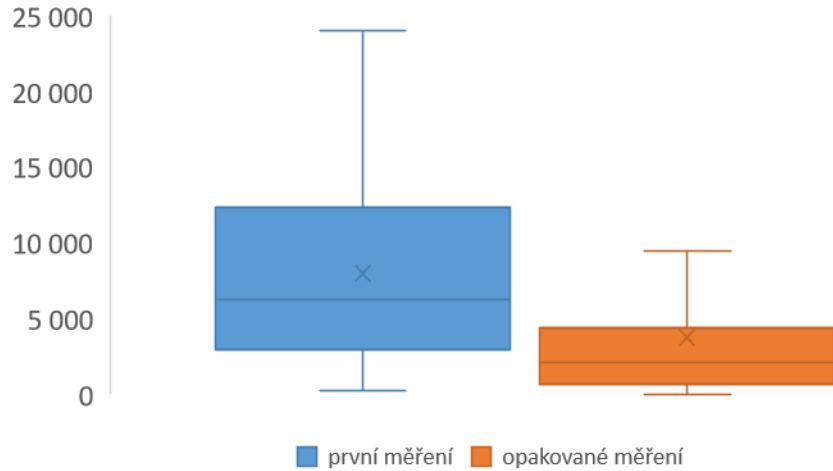
- Dobře provozovaný moderní kotel produkuje méně emisí ZL než dobře provozovaný starý kotel a má vyšší účinnost
- Pokyny výrobců sp. zařízení v návodu jsou důležité (nečíst návod až když zařízení „nefunguje“)
- Moderní kotel je „jen“ stroj a potřebuje údržbu i kvalitní obsluhu (čtyři parametry)
- Reálné parametry spalovacích zařízení jsou horší než štítkové hodnoty (hodnoty ze zkušebny – diselgate/kotlíkgate)
- SMOKEMANův cíl je tyto rozdíly zmenšovat

Závěry:

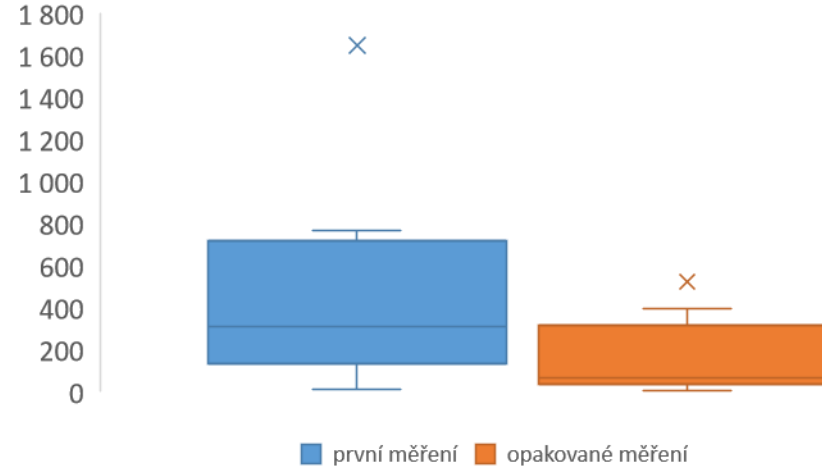
- Nejmenší rozdíly byly u automatických kotlů (pelety lepší než uhlí)
- Kvalita spalování se snížením výkonu výrazně zhoršuje (ne u automatů)
- Zplyňovací a odhořivací kotle někdy trpí klenbováním (vzpříčením) paliva
- Špatně provozovaný moderní kotel může mít horší parametry než dobře provozovaný starý kotel – SMOKEMANovo desatero správného topiče
- Porovnání se starým a novým autem
- Peletové kotle v reálu často dosáhly parametrů třídy 5
- Uhelové automaty v reálu dosáhly parametrů třídy 2 až 4
- Dobře provozované zplyňovací kotle dosáhly parametrů třídy 4 až 5
- Špatně provozované zplyňovací kotle dosáhly parametrů třídy 0 až 3

Vybrané opakované testy na zplyňovacích kotlích (snaha o zlepšení – 8 kotlů)

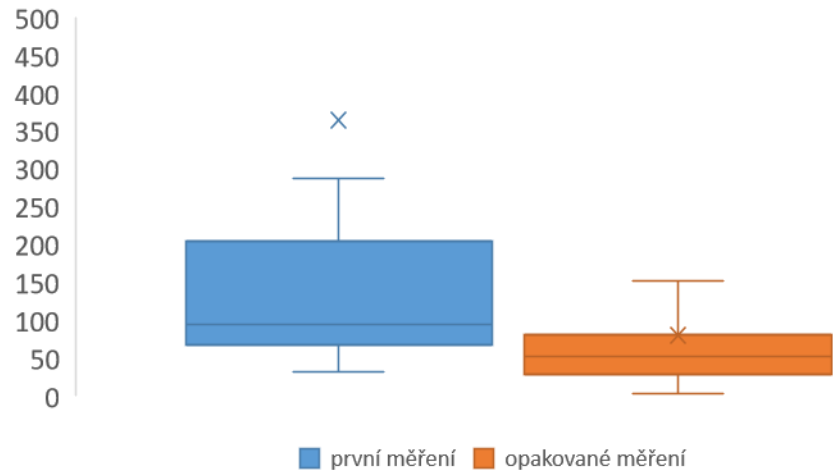
CO v mg/m³ @ 10 % O₂; 0 °C; 101325 Pa



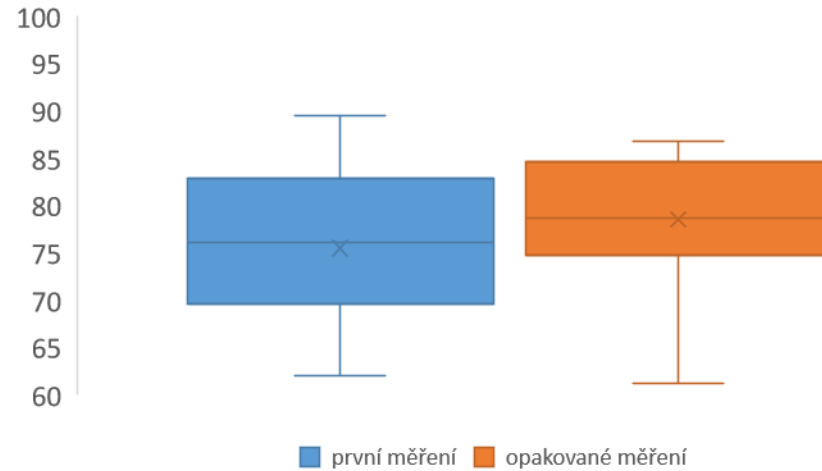
OGC v mg/m³ @ 10 % O₂; 0 °C; 101325 Pa



prach v mg/m³ @ 10 % O₂; 0 °C; 101325 Pa



účinnost v %



Závěry:

- Samotná výměna kotlů nezaručuje snížení emisí znečišťujících látek
- Je nutné si ujasnit si co znamená když kotel má na štítku třídu 5
- Seřízení kotle má velký potenciál pro zlepšení spalování a redukci emisí ZL, proto měření v domácnostech má velký význam (v ČR zatím nemáme metodiku – děláme na ní)
- Provozovatelé mají dobré kotle, ale často je neumí obsluhovat
- Proč STK u automobilů „nevadí“, ale u kotlů o ní nechceme slyšet?
- Dobře provozovaná moderní spalovací zařízení jsou výborný zdroj tepla s kvalitním spalováním. Dřevo určitě patří do zplyňovacích kotlů
- Musíme lidi naučit, jak lépe topit = edukace má v sobě velký potenciál pro zlepšení
- SMOKEMAN zasahuje











 Sdílet

[< Předchozí díl](#)

[Všechny díly](#) 6903

[Následující díl >](#)

★★★★☆ 10 hlasů

živě Ostrava



Jak topit ekologicky

Jiří Horák VŠB – Technická univerzita Ostrava

DOMÁCÍ

Stovky restaurací odmítají kontrolovat hosty. Byla by to diskriminace, tvrdí

VÍCE INFORMACÍ >

CNN Prima News • Pořady [HLAVNÍ ZPRÁVY](#) [HLAVNÍ ZPRÁVY 24.10.2021](#)



SMOKEMAN

HLAVNÍ ZPRÁVY 24.10.2021

Ekobomáči

Stoziročný faschadní střeš je končí třetím prosto. Byl za 35 diskardikonej tvrdí

VÍCE INFORMACÍ >

CNN Prima News • Pořady [HLAVNÍ ZPRÁVY](#) [HLAVNÍ ZPRÁVY 24.10.2021](#)



HLAVNÍ ZPRÁVY 24.10.2021

Playlist YouTube TZB-info

SMOKEMANovo desatero správného topiče

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLZCEJpckSlpV3TGeEixJU73JVH1J2mi62>

Czech TV – CTedu - contract





Někdy zanecháme v majitelích hlubokou vzpomínku 😊

SMOKEMAN ZASAHUJE!

Vzdělávací show o tom,
jak správně (ne)topit

U nás se dozvíte:

- Co nejvíce ovlivní váš kouř a jak lépe topit?
- Jak si doma stanovit vlhkost dřeva a účinnost kamen?
- A mnoho dalšího...

Pro děti: funkční modely,
pokusy a soutěže





Kouří zmar a dobrou chuť

Děkuji za pozornost

Ing. Jiří SMOKEMAN Horák, Ph.D.

Ing. František Hopan, Ph.D.

Martin Chmelář

Jiří Kremer

Oleksandr Molchanov

+420 603 565 926

smokeman@vsb.cz

<https://ceet.vsb.cz/vec/cs/>